

Relatório Técnico

Análise de amplificador de áudio transistorizado

POR

JOÃO V. IPIRAJÁ JOANA D. P. DA SILVA MARCELO DE ARAÚJO

20202015020124

20202015020132

20202015020280

DAVI L. MACIEL KELLER M. DE SOUZA

20202015020256

20202015020310

Trabalho da disciplina de Eletrônica Analógica do Curso de Eng. de Computação, no semestre 2021.1 - 2^a etapa, sob a orientação do Prof. Ms. José Bento de Freitas

Instituto Federal Do Ceará

Campus Fortaleza

Conteúdo

1	Introdução	2
2	A teoria	3
3	Desenvolvimento do Projeto	4
3.1	Análise CC	4
3.2	Análise CA	5
4	Comentários e Conclusões	7
5	Simulações	9
	Referências	10

1 Introdução

O presente trabalho tem como objetivo o uso dos elementos de um amplificador de áudio usado para amplificar a potência do sinal de um gerador, a simulação com os resultados obtidos, propostos pelo projeto, com a utilização de transistor de junção bipolar e a obtenção de um modelo teórico do amplificador por meio do programa computacional (2), que descreva satisfatoriamente o mesmo.

A proposta do projeto deve considerar a saída deste amplificador ligada a uma carga, cuja impedância é de 1k, considerando os valores passados.

O projeto requer os cálculos da capacitância de C1, C2 e C3 para a frequência apresentada no sinal vs. Na simulação usar componentes comerciais. Este relatório contém uma breve teoria que envolve o estudo da polarização e da amplificação de transistor bipolar na configuração apresentada no projeto. Os cálculos efetuados para a polarização e amplificação do sinal a partir dos dados fornecidos no projeto.

2 A teoria

O mundo moderno que se apresenta hoje, através da tecnologia, só foi possível graças a invenção do transistor criado por William Schokley. Segundo (1), em 1951, ele foi ganhador do Prêmio Nobel de física em 1956, Co-inventor do transistor em 1947 com John Bardeen e Walter Brattian, Shockley participou de uma das descobertas mais importantes do século.

Segundo (3), TJB é definido como um transistor com 3 regiões dopadas. Ademais, região dopada defini-se como

"a adição de impurezas químicas elementares (usualmente índio ou fósforo) em elemento químico semicondutor puro (ou o germânio ou o silício, notadamente este último, na era atual), com a finalidade de dotá-los de propriedades de condução controlada específica (presença majoritária de portadores de carga ou tipo P, as lacunas, ou tipo N, os elétrons, respectivamente para as adições de índio e de fósforo)." (4)

Ademais, trazendo o enfoque dos circuitos amplificadores observamos com base em (3):

A ideia principal é que o capacitor de acoplamento evite que a fonte CA e o resistor de carga mudem a localização do ponto Q.

Como o capacitor de acoplamento é um curto para CA, toda a tensão CA da fonte aparece entre a base e a terra. A corrente total na base terá uma componente CC e uma CA. A corrente CA na base produz uma variação amplificada na corrente do coletor em virtude do ganho de corrente

A tensão no coletor varia senoidalmente acima e abaixo de +15 V. Além disso, a tensão CA no coletor é invertida, 180° defasada em relação à tensão de entrada no semicírculo positivo da corrente CA na base, a corrente no coletor aumenta, produzindo uma tensão maior no resistor do coletor. Do mesmo modo, no semicírculo negativo, a corrente no coletor diminui. Como existe uma tensão menor no resistor do coletor, a tensão no coletor aumenta.

3 Desenvolvimento do Projeto

3.1 Análise CC

A priori, com base nos dados do problemas, fazemos algumas considerações iniciais:

$$V_{RE} = 0,2 * V_{CC} = 0,2 * 25 = 5V$$

$$\beta_{CC} = \beta_{CA} = 200 \implies 200 = \frac{8mA}{I_B} \implies I_B = 40\mu A$$

$$\alpha_{CC} = 1 \implies \frac{8mA}{I_E} = 1 \implies I_E = 8mA$$

$$I_C = 8mA$$

$$V_{CE} = 0,5 * V_{CC} \implies V_{CE} = 0,5 * 25V = 12,5V$$

$$V_B = V_{R2} = V_{BE} + V_{RE} \implies V_B = V_{R2} = 0,7 + 5 = 5,7$$

$$Pot_{transistor} = V_{CE} * I_E \implies Pot_{transistor} = 12,5 * 8mA = 100mW$$

Por conseguinte, na simulação no (2), utilizamos o modelo de transistor BC337.

Por meio do V_{RE} e I_E , podemos calcular R_E através da primeira Lei de Ohm:

$$V_{RE} = I_E * R_E \implies R_E = \frac{V_{RE}}{I_E} \implies R_E = \frac{5V}{8mA} = 625\Omega$$

Com base na equação $R_2 = 0,01 * R_E * \beta_{CC}$, podemos calcular:

$$R_2 = 0,01 * 625\Omega * 200 = 1,25K\Omega$$

Sendo $I_{R1} = I_{R2}$, podemos determinar:

$$I_{R1} = I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} \implies I_{R1} = I_{R2} = \frac{5,7V}{1,25K\Omega} = 4,56mA$$

Através de V_{R2} , usando regra de divisor de tensão, podemos chegar em R_1 :

$$V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{CC} \implies 5,7 = \frac{1250\Omega}{R_1 + 1250\Omega} * 25V \implies R_1 = 4,232K\Omega$$

Por meio de I_E , podemos determinar R_C :

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E} \implies 8mA = \frac{25V - 12,5V}{R_C + 625\Omega} \implies R_C = 0,937K\Omega$$

3.2 Análise CA

De inicio, podemos determinar a frequência a partir de V_S :

$$V_S = 10 * \sin(1000\pi t) \implies 1000\pi = 2\pi f \implies f = 500Hz$$

Com base nisso, podemos descobrir as capacitâncias C_1, C_2, C_3 :

C_1 é capacitor de acoplamento:

$$\begin{aligned} R_{EQ} &= 0.1K\Omega + (1,25K\Omega || 4,232K\Omega) = 1,065K\Omega \\ X_C &= 0,1 * 1,065K = 0,1065K\Omega \implies 0,1065K\Omega = \frac{1}{2\pi * f * C_1} \implies \\ 0,1065K\Omega &= \frac{1}{2\pi * 500 * C_1} \implies C_1 = 2,99\mu F \end{aligned}$$

C_2 é capacitor de acoplamento:

$$\begin{aligned} R_{EQ} &= 1K\Omega + (0,937K\Omega || 0,625K\Omega) = 1,375K\Omega \\ X_C &= 0,1 * 1,375K\Omega = 0,1375K\Omega \implies 0,1375K\Omega = \frac{1}{2\pi * f * C_2} \implies \\ 0,1375K\Omega &= \frac{1}{2\pi * 500 * C_2} \implies C_2 = 2,316\mu F \end{aligned}$$

C_3 é capacitor de derivação:

$$\begin{aligned} R_{EQ} &= (1,25K\Omega || 4,32K\Omega || 0,937K\Omega || 0,625K\Omega) = 0,270K\Omega \implies \\ X_C &= 0,1 * 0,270K\Omega = 0,027K\Omega \\ \implies 0,027K\Omega &= \frac{1}{2\pi * 500 * C_3} \implies C_3 = 11,795\mu F \end{aligned}$$

Na simulação no (2), adaptamos para comercial, respectivamente, os valores dos capacitores C_1, C_2, C_3 para: $3.3\mu F, 2.2\mu F, 10\mu F$

Ademais, podemos calcular R_D :

$$R_D = \frac{25mV}{8mA} = 3,125\Omega$$

Outrossim, podemos computar as impedâncias:

$$Z_{saida} = 0,937K\Omega$$

$$Z_{base} = \beta_{CA} * R_D = 200 * 3,125\Omega = 0,625K\Omega$$

$$Z_{entrada} = \frac{1}{4,232K\Omega} + \frac{1}{1,25K\Omega} + \frac{1}{0,625K\Omega} = 0,379K\Omega$$

Ademais, através de R_D e as impedâncias, podemos chegar nos ganhos de tensão, corrente e potência:

$$A_v = \frac{Z_{saida}}{R_D} = \frac{937\Omega}{3.125\Omega} = 300$$

$$A_{v_{dB}} = 20 * \log(A_v) = 20 * \log 300 \approx 47,782dB$$

$$A_i = \beta_{CA} = 200$$

$$A_{i_{dB}} = 20 * \log(A_i) = 20 * \log(200) \approx 46,02dB$$

$$A_P = \beta_{CA} * A_v = 200 * (300) = 60000$$

$$A_{P_{dB}} = 10 * \log(A_P) = 10 * \log(60000) \approx 47,782dB$$

Fundamentado no que já foi calculado, podemos chegar nas tensões $V_{entrada}$, V_{saida} , V_{RL} :

$$V_{entrada} = \frac{Z_{entrada}}{Z_{entrada} + R_S} * V_S \implies V_{entrada} = \frac{0,379K\Omega}{0,379K\Omega + 0,1K\Omega} * 10mV \approx 7,92mV$$

$$V_{saida} = A_v * V_{entrada} \implies V_{saida} = 300 * 7,92mV \approx 2376mV$$

$$V_{RL} = \frac{R_S}{R_S + Z_{saida}} * V_{saida} \implies V_{RL} = \frac{1K\Omega}{1K\Omega + 0,937K\Omega} * (2376mV) \approx 1227mV$$

Segundo as últimas conclusões, podemos calcular as correntes $I_{entrada}$, I_{saida} , I_{RL} :

$$I_{entrada} = \frac{V_{entrada}}{Z_{entrada}} \implies I_{entrada} = \frac{7,92mV}{0,379k\Omega} = 20,9\mu A$$

$$I_{saida} = A_i * I_{entrada} \implies I_{saida} = 200 * 20,9\mu A = 4,18mA$$

$$I_{RL} = \frac{V_{RL}}{R_L} \implies I_{RL} = \frac{1227mV}{1k\Omega} = 1,22mA$$

4 Comentários e Conclusões

Durante a realização deste projeto, foram abordados diversos tópicos referentes ao estudo de amplificadores. Foi visto que podemos projetar um amplificador por meio de um circuito que possui transistores, capacitores e resistores e que este circuito é capaz de amplificar pequenos sinais advindos, por exemplo, de um tocador de música. Para isso, temos o circuito pré-amplificador, que fornece um ganho de tensão ao sinal, enquanto que o circuito de saída fornece um ganho de potência e entrega à carga.

Ao realizar o projeto de amplificador transistorizado pudemos não só aplicar os conhecimentos adquiridos, mas também observar que, na prática, temos que escolher componentes comerciais, os quais possuem um padrão de valores, não necessariamente iguais aos encontrados nos cálculos.

Com base nisso, não foi possível utilizar os componentes com os valores obtidos pelos cálculos, pois realizamos a simulação com os valores comerciais de cada componente. Ademais, como isso já era previsto, não houveram mudanças significativas entre os valores teóricos e os comerciais, considerando as margens de segurança que os componentes possuem.

Ao observar, por um osciloscópio, o sinal senoidal da frequência de entrada e da frequência de saída, verificamos que os mesmos possuem, entre si, uma defasagem de 180° , como podemos conferir no gráfico abaixo:

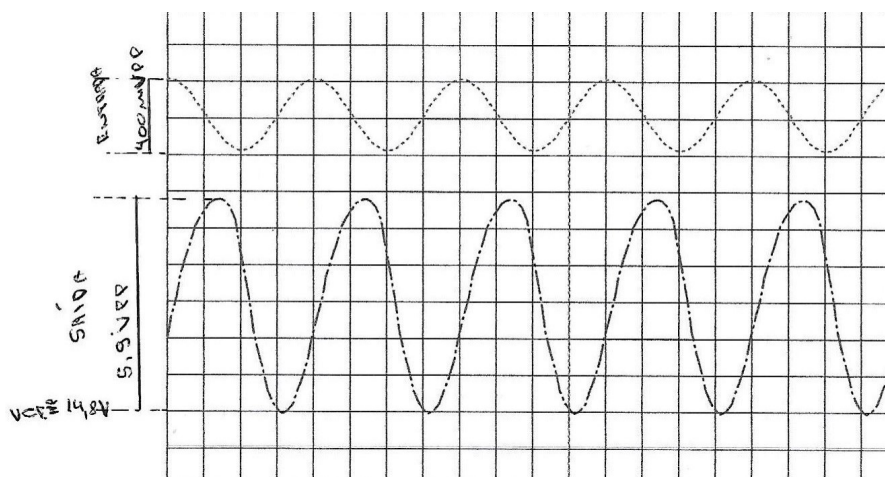


Figura 1: Esboço gráfico tensão de saída e entrada

De uma forma geral, com base nas simulações, o circuito cumpriu os requisitos e obteve resultados satisfatórios para o funcionamento do amplificador. Este projeto possibilitou-

nos praticar todo o conhecimento teórico adquirido ao decorrer da disciplina e aplicá-lo em uma atividade prática, consolidando nossos conhecimentos.

5 Simulações

De acordo com (2), foi chegado o resultado:

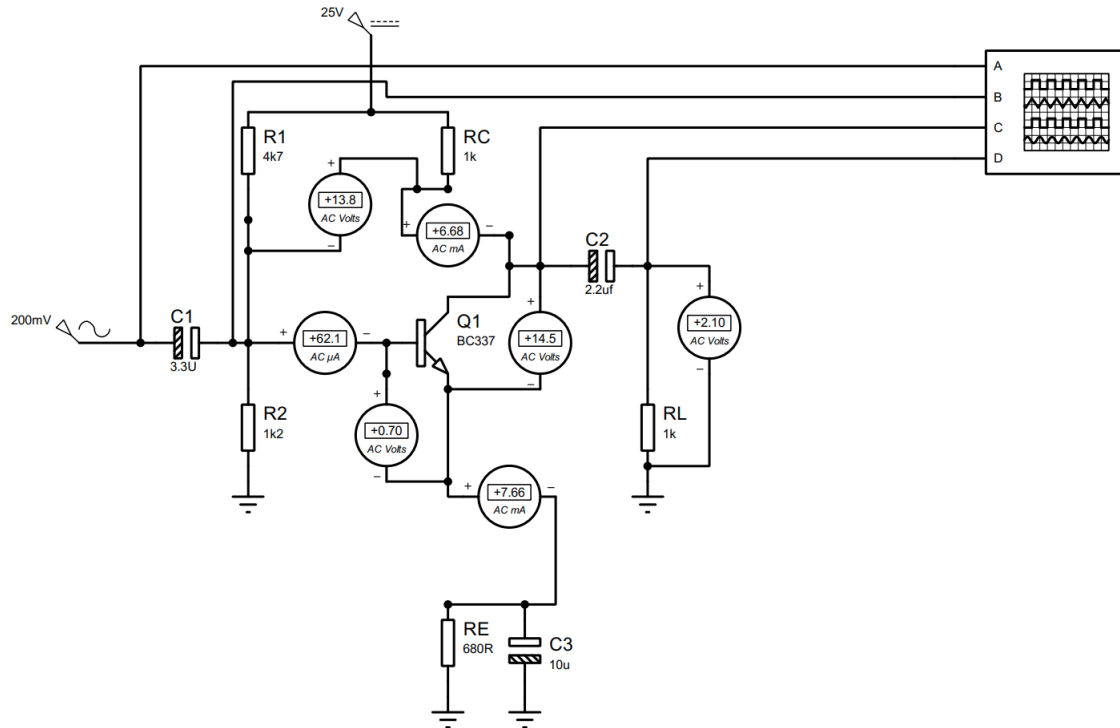


Figura 2: Resultado da simulação no Protheus

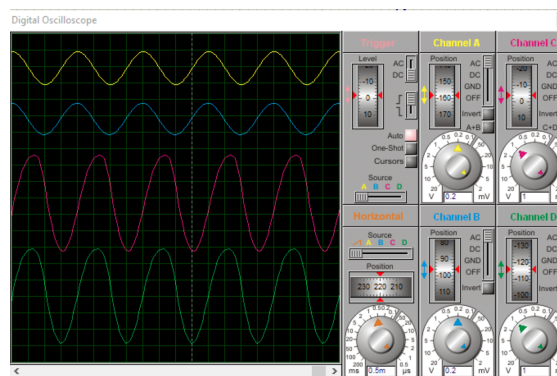


Figura 3: Saída do osciloscópio da simulação no Protheus

Referências

- [1] History. William Shockley inventou o transistor. <https://history.uol.com.br/hoje-na-historia/william-shockley-inventou-o-transistor>. Acessado 04 jul. 2021.
- [2] Labcenter Electronics Ltd. Proteus design suite.
- [3] A. Malvino and D. J.Bates. *Eletrônica*. AMGH, Brasil, 2016.
- [4] Wikipedia. Dopagem eletrônica — Wikipedia, the free encyclopedia. <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Dopagem%20eletr%C3%B4nica&oldid=52241867>. Acessado 05 jul. 2021.